

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-093926

(43)Date of publication of application : 04.04.2000

(51)Int.Cl.

B09B 3/00

B01J 3/00

B01J 19/00

C02F 11/08

(21)Application number : 11-019385

(71)Applicant : JAPAN ORGANO CO LTD

(22)Date of filing : 28.01.1999

(72)Inventor : SUZUGAKI HIROSHI
SUZUKI AKIRA
OONOBU MASANORI

(30)Priority

Priority number : 10205951

Priority date : 22.07.1998

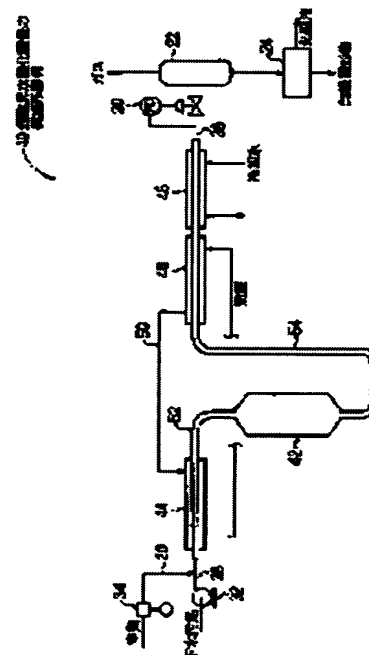
Priority country : JP

(54) SUPERCRITICAL HYDROXYDATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a supercritical hydroxydation apparatus capable of securing a sufficient reaction time without allowing an inorganic solid matter to settle and accumulate at the time of treating an organic matter containing the inorganic solid matter.

SOLUTION: This supercritical hydroxydation treatment device 40 is provided with a preheater part 44 for preheating a reaction matter, a reaction part 42 for making the reaction matter undergo supercritical hydroxydation reaction and cooler parts 46, 48 for cooling a reaction product, and the reaction matter comprising an organic matter containing an inorganic solid matter and an oxidizing agent is subjected to supercritical hydroxydation treatment. A reaction matter passage in the preheater part has a cross-sectional area capable of allowing the reaction matter to flow at a flow speed not lower than a first flow speed that allows the inorganic solid matter in the reaction matter to settle and accumulate and a reaction product passage in the cooler part has a cross-sectional area capable of allowing the reaction product to flow at a flow speed not lower than a second flow speed that allows the inorganic solid matter in the reaction product to settle and accumulate. The reaction part allows the reaction matter to stay therein for a specified time before allowing the reaction matter to flow downward. Its cross-sectional area is larger than those of the reaction matter passage of the preheater part and the reaction product passage of the cooler part. Preferably, a baffle plate is installed in a vicinity of an inlet of the reaction part so as to prevent a short circuit from being formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

BEST AVAILABLE COPY
24.08.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-93926

(P2000-93926A)

(43)公開日 平成12年4月4日(2000.4.4)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
B 0 9 B 3/00		B 0 9 B 3/00	3 0 4 H
B 0 1 J 3/00		B 0 1 J 3/00	A
19/00		19/00	Z
C 0 2 F 11/08		C 0 2 F 11/08	

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-19385

(22)出願日 平成11年1月28日(1999.1.28)

(31)優先権主張番号 特願平10-205951

(32)優先日 平成10年7月22日(1998.7.22)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004400

オルガノ株式会社

東京都江東区新砂1丁目2番8号

(72)発明者 鈴木 裕志

東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガ
ノ株式会社内

(72)発明者 鈴木 明

東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガ
ノ株式会社内

(72)発明者 大信 正紀

東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガ
ノ株式会社内

(74)代理人 100093821

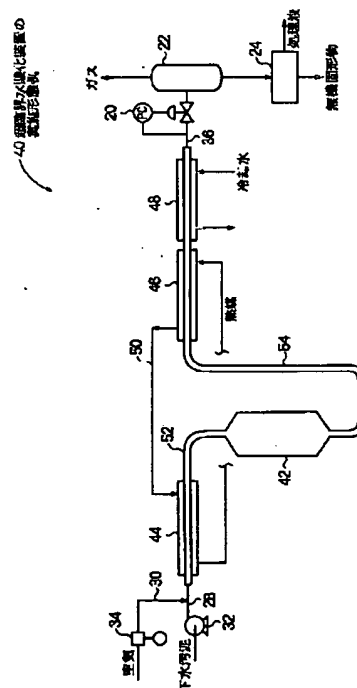
弁理士 大澤 斌 (外2名)

(54)【発明の名称】 超臨界水酸化装置

(57)【要約】

【課題】 無機固形物を含む有機物、例えば下水汚泥を処理する際に、無機固形物を沈降・堆積させることなく、十分な反応時間を確保できる超臨界水酸化装置を提供する。

【解決手段】 本超臨界水酸化装置40は、反応物を予熱する予熱部44と、反応物を超臨界水酸化反応させる反応部42と、反応生成物を冷却する冷却部46、48とを備え、無機固形物を含む有機物と酸化剤とからなる反応物に超臨界水酸化処理を施す。予熱部の反応物流路は、反応物中の無機固形物が沈降・堆積する第1の限界流速以上の流速で反応物が流れる断面積を有し、冷却部の反応生成物流路は、反応生成物中の無機固形物が沈降・堆積する第2の限界流速以上の流速で反応生成物が流れる断面積を有する。反応部は、反応物が所定時間滞留しつつ下向き流れて流れるように構成され、かつ、反応部の断面積は、予熱部の反応物流路及び冷却部の反応生成物流路のいずれの断面積よりも広がっている。好適には、反応部の入口近傍に邪魔板を設け、短絡流の発生を防止する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応物を予熱する予熱部と、予熱された反応物を超臨界水酸化反応させる反応部と、反応部から流出した反応生成物を冷却する冷却部とを備え、無機固形物を含む有機物と酸化剤とからなる反応物に超臨界水酸化処理を施す超臨界水酸化装置において、

予熱部に設けられた反応物の流路は、反応物中の無機固形物が沈降、堆積する第1の限界流速以上の流速で反応物が流れるようにした断面積を有し、冷却部に設けられた反応生成物の流路は、反応生成物中の無機固形物が沈降、堆積する第2の限界流速以上の流速で反応生成物が流れるようにした断面積を有し、

反応部は、反応物が所定時間滞留しつつ下向き流れて流れるように構成され、かつ、反応部の断面積は、予熱部の反応物流路及び冷却部の反応生成物流路のいずれの断面積よりも広くなっていることを特徴とする超臨界水酸化装置。

【請求項2】 反応部は入口から出口に向かって下向きに水平線に対して垂直ないし傾斜して配置され、反応部の断面積は予熱部の反応物流路の断面積及び冷却部の反応生成物流路の断面積の大きい方の200%以上であることを特徴とする請求項1に記載の超臨界水酸化装置。

【請求項3】 反応部は、筒状の縦型密閉容器として形成され、

予熱部は、反応物が流れる内管と、反応物を加熱する熱媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として形成され、

冷却部は、反応生成物と熱交換して熱媒を加熱する熱交換器と、反応生成物を冷媒体で冷却する冷却器とを備え、

熱交換器は、反応生成物が流れる内管と、反応生成物により加熱される熱媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として、冷却器は、熱交換器を経た反応生成物が流れる内管と、反応生成物を冷却する冷媒体が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として、それぞれ、形成され、

熱交換器で加熱された熱媒が予熱器で反応物を予熱するように、熱交換器の外管と予熱器の外管との間で熱媒配管が接続されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の超臨界水酸化装置。

【請求項4】 反応部は、反応部入口の下流域に、反応物の流入方向に対して交差する方向に延在する面を有する邪魔板を備えていることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の超臨界水酸化装置。

【請求項5】 邪魔板は、反応物の流入方向に沿って直径が拡大する円錐面として形成され、円錐面の頂点が反応部の反応部入口から下流に反応部の長さの $1/20$ 以上 $1/5$ 以下の範囲の距離にあるように配置され、かつ、円錐面の底面半径が反応部の半径の $1/3$ 以上 $2/3$ 以下の範囲にあることを特徴とする請求項4に記載の

超臨界水酸化装置。

【請求項6】 邪魔板は、半径が反応部の半径の $1/3$ 以上 $2/3$ 以下の範囲にある円板状多孔板として形成され、反応部の反応部入口から下流に反応部の長さの $1/20$ 以上 $1/5$ 以下の範囲の距離で配置されていることを特徴とする請求項4に記載の超臨界水酸化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超臨界水酸化装置に関し、更に詳細には、下水汚泥、都市ゴミ、産業排水等の無機固形物を含む有機物を超臨界水酸化処理する装置として最適な超臨界水酸化装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】環境問題に対する認識の高まりと共に、有機物の酸化、分解能力の高い超臨界水反応を利用して、環境汚染物質を分解、無害化する試みが注目されている。すなわち、超臨界水の高い反応性を利用した超臨界水反応により、従来技術では分解することが難しかった有害な難分解性の有機物、例えば、PCB（ポリ塩素化ビフェニル）、ダイオキシン、有機塩素系溶剤等を分解して、二酸化炭素、窒素、水、無機塩などの無害な生成物に転化する試みである。その試みの一つとして、最近では、このような有害な有機化合物を含む、様々な下水汚泥、都市ゴミ、産業排水等の液状及び固体状の広義の廃棄物の処理にも、超臨界水反応の利用が試みられている。

【0003】例えば、生物処理された後の下水汚泥は、従来、下水処理場で脱水処理された後、焼却炉で焼却処理されていた。しかし、焼却法では、下水汚泥の燃焼に伴い、 NO_x 、 SO_x 等の有害ガス、煤塵などの有害な環境汚染物が発生し、焼却炉から流出する排ガスに同伴して拡散する。そのために、焼却炉に排ガス処理設備を設けて排ガスを処理することが必要になり、焼却装置の大型化及びコスト高を招くと共に、焼却装置を設けることのできる適地を求めることが極めて難しくなっている。そこで、近年、下水汚泥を超臨界水酸化処理する方法が提案されている。この方法によれば、下水汚泥中の窒素成分は、窒素ガスとして無害な形で排出され、硫黄は硫酸イオンとして水中に溶け込むが、下水汚泥中のCa等の無機成分により中性の塩になる。従って、設備費及び運転費が嵩む排ガス処理設備が不要となり、しかも下水汚泥を環境的にクリーンな成分に経済的に転化することができる。

【0004】超臨界水反応装置とは、超臨界水の高い反応性を利用して有機物を分解する装置であって、例えば、難分解性の有害な有機物を分解して無害な二酸化炭素と水に転化したり、難分解性の高分子化合物を分解して有用な低分子化合物に転化したりするために、現在、その実用化が盛んに研究されている。超臨界水とは、超臨界状態にある水、即ち、水の臨界点を越えた状態にあ

る水を言い、詳しくは、374.1℃以上の温度で、かつ22.04MPa以上の压力下にある状態の水を言う。超臨界水は、有機物を溶解する溶解能が高く、有機化合物に多い非極性物質をも完全に溶解することができる一方、逆に、金属、塩等の無機物に対する溶解能は著しく低い。また、超臨界水は、酸素や窒素などの気体と任意の割合で混合して単一相を構成することができる。

【0005】ここで、図2を参照して、粒状の無機固形物を含む有機物、例えば下水汚泥等を超臨界水酸化処理する従来の超臨界水酸化装置の構成を説明する。図2は従来の超臨界水酸化装置の構成を示すフローシートである。従来の超臨界水酸化装置10は、図2に示すように、超臨界水酸化反応を行う反応器として、チューブラー状の長い耐圧密閉型反応器12を備え、反応器12の上流には反応物を予熱する予熱器14を、反応器12の下流には、反応生成物を冷却する熱交換器16及び冷却器18を備えている。更に、超臨界水酸化装置10は、反応器12内の圧力を制御する圧力制御弁20を冷却器18の下流に、反応生成物をガスとスラリーとに気液分離する気液分離器22を圧力制御弁20の下流に、及び、スラリー状の反応生成物を固液分離して、無機固形物を反応生成物から分離する固液分離器24を備えている。固液分離器24で分離された無機固形物は、主として、反応物中に含まれ、反応に寄与しなかったものであって、加えて、超臨界水酸化反応により生成した塩を含むこともある。

【0006】予熱器14は、超臨界水酸化反応により酸化処理する無機固形物を含む有機物、例えば下水汚泥と、酸化剤の空気とからなる反応物が流れる内管と、反応物を加熱する熱媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として構成されている。反応器12は、反応物に対する超臨界水酸化反応の反応時間を確保するために、チューブラー状の長尺の長い反応器であって、その全域に超臨界水を滞留させて、超臨界水領域を構成している。反応温度にまで予熱された反応物は、予熱器14に近い反応器入口から反応器12に入り、超臨界水酸化され、反応生成物として反応器出口から流出する。熱交換器16は、反応器12から流出した反応生成物が流れる内管と、反応生成物により加熱される熱媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として、冷却器18は、熱交換器16を経て降温した反応生成物が流れる内管と、反応生成物を冷却する冷媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として、それぞれ、構成されている。尚、予熱器14、熱交換器16及び冷却器18は、反応器12と同じ径のパイプを内管とし、外管として内管にジャケットを設けたジャケット式熱交換器として構成しても良い。熱交換器16で反応生成物により加熱された熱媒が予熱器14に入って反応物を予熱するように、熱交換器16の外管と予熱器14の外管とは、熱媒配管26により接続されている。

【0007】反応物流体、例えば下水汚泥を送入する反応物ライン28が予熱器14の内管に接続され、反応物ライン28には、有機物を酸化する酸化剤、例えば空気を送入する空気ライン30が合流している。下水汚泥は下水汚泥ポンプ32により、空気は空気圧縮機34により、それぞれ、反応物ライン28及び空気ライン30に圧入される。下水汚泥と空気とからなる反応物は、予熱器14で超臨界水酸化反応の反応温度まで予熱され、次いで反応器12に入り、反応器12の入口から出口に向かって流れる過程で、反応物中の有機物が、超臨界水反応により、主として、水と窒素と二酸化炭素とに転化し、反応生成物として反応器12から流出する。反応生成物は、熱交換器16の内管に入り、熱媒を加熱して自身は降温し、次いで冷却器18の内管に流入し、冷媒体、例えば冷却水により冷却されて流出する。冷却器18の内管の出口には、反応生成物ライン36が接続され、圧力制御弁20を経て、気液分離器22に接続されている。気液分離器22では、反応生成物は、気液分離され、ガス状の反応生成物とスラリー状の反応生成物とに分離される。ガス状の反応生成物は、大気放出又は次の処理工程に移行し、スラリー状の反応生成物は、固液分離器24に導入される。スラリー状の反応生成物は、固液分離器24で液状の処理液と無機固形物とに固液分離され、それぞれ、外部に送出される。

【0008】上述のように、下水汚泥に代表されるような、無機固形物を含む有機物の超臨界水酸化処理を行う超臨界水酸化装置では、予熱器14、反応器12、熱交換器16及び冷却器18での無機固形物の沈降、堆積及び無機塩の付着を防ぐために、通常、予熱器14、熱交換器16及び冷却器18の各内管と反応器12とを同じ内径の管で連続的な1本の管状体として形成し、予熱器14の内管入口で0.5m/sec以上の流速になるように設定されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、超臨界水酸化反応により有機物中の窒素化合物を窒素ガスにまで分解するためには、一般的な超臨界水酸化条件として設定される600℃、25MPaの条件下では、1分以上の反応時間が必要とされている。しかし、上述した従来の超臨界水酸化装置の場合、反応器を予熱器等と同一径にしたときには、予熱器入口で反応物の流速を0.5m/sec以上に設定すると、反応器での流速が7m/sec以上になり、反応器の長さは非現実的な長さになる。例えば、実験装置レベルの例ではあるが、予熱器、熱交換器及び冷却器の各内管の径を7mmとし、反応器の径を内管と同じ径にすると、予熱器、熱交換器及び冷却器の長さは100m、反応器の長さは、500～1000mにも達する。

【0010】このような長さの長い反応器を製作することは、技術的に極めて難しく、しかも製作コストが高ん

で経済性に乏しい。また、設置には広大な敷地を必要とすることから、土地取得費が高む上に、そのような広大な敷地を手当てすること自体が難しく、現実には、立地難で適地を見つけることが難しい。これら様々な理由から、反応器の長さが500m以上になるような超臨界水酸化装置を実用化することは、技術的及び経済的に難しい。

【0011】そこで、本発明の目的は、無機固形物を含む有機物、例えば下水汚泥を超臨界水酸化処理する際に、無機固形物を沈降・堆積させることなく、十分な反応時間を確保して所定の超臨界水酸化処理を施すことができる超臨界水酸化装置を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者は、下水汚泥のように、沈降・堆積し易い粒状の無機固形物を含む有機物を取り扱うことを考慮すると、

1) 反応物中の無機固形物が沈降・堆積する反応物の流速、即ち限界流速以上の流速で、反応物を反応器に移送すること。そして、その流速になるように予熱器の内管の径を定めること。

2) 反応器内での十分な反応時間を確保しつつ、反応器の長さを現実的な長さにする。但し、反応器の長さを短くするために、単に、反応器の径を大きくするだけでは、反応器内の反応物の流速が限界流速より低下して、反応器内で無機固形物の沈降・堆積や無機塩の付着物が起こり、閉塞の原因となる。そこで、反応器を垂直ないし傾斜させ、無機固形物が沈降しても押し流されるようにすること。なお、十分な反応時間とは、有機物が完全酸化される時間、例えば有機物中の窒素化合物が窒素ガスまで分解される時間であって、概ね1分以上である。ということが、必須の条件であると考え、実験を重ねて、本発明を完成するに至った。

【0013】上記目的を達成するために、本発明に係る超臨界水酸化装置は、反応物を予熱する予熱部と、予熱された反応物を超臨界水酸化反応させる反応部と、反応器から流出した反応生成物を冷却する冷却部とを備え、無機固形物を含む有機物と酸化剤とからなる反応物に超臨界水酸化処理を施す超臨界水酸化装置において、予熱部に設けられた反応物の流路は、反応物中の無機固形物が沈降・堆積する第1の限界流速以上の流速で反応物が流れるようにした断面積を有し、冷却部に設けられた反応生成物の流路は、反応生成物中の無機固形物が沈降・堆積する第2の限界流速以上の流速で反応生成物が流れるようにした断面積を有し、反応部は、反応物が所定時間滞留しつつ下向き流れで流れるように構成され、かつ、反応部の断面積は、予熱部の反応物流路及び冷却部の反応生成物流路のいずれの断面積よりも広くなっていることを特徴としている。

【0014】本発明で、第1の限界流速とは、反応物中の無機固形物が沈降・堆積して反応物の流路を閉塞する

反応物の下限の流速を言う。換言すれば、反応物が第1の限界流速以上の流速で流れる限り、無機固形物が沈降・堆積して反応物の流路を閉塞するようなことは生じない。第1の限界流速は、反応物の組成、性状、無機固形物の粒径、含有率等に複雑に依存しているので、過去のデータ、実験等により決めるべき性質の因子である。実用的には、限界流速は、常温で、0.5m/sec以上の流速である。第2の限界流速も同様の概念である。

【0015】本発明では、予熱部及び冷却部では、無機固形物が沈降・堆積しない十分な流速が得られる一方、反応部では、現実的な反応器の大きさで、十分な反応時間が得られる。反応器では、反応物の流速は、限界流速以下の流速になるものの、下向き流れにすることにより、沈降した無機固形物は、反応物の下向き流れによって押し流され、下方に移動するので、無機固形物の堆積は起こらない。

【0016】予熱部及び冷却部は、任意の形状でよく、例えば直管状、曲管状、螺旋管状、及び蛇管状のいずれでも良く、また、それらの組み合わせでも良い。予熱部及び冷却部の配置は、水平または垂直な配置でも、上向きに又は下向きに傾斜した配置でも良い。また、予熱部及び冷却部の反応部に対する相対的位置又は配置には、制約はなく、予熱部及び冷却部は、反応部の上方に配置されていても、下方に配置されていても良い。予熱部は、反応物を反応温度に昇温するために設けてあって、予熱器、又は予熱器に加えて他の加熱手段、例えば電熱体による加熱器、ボイラ等を有することもある。反応部の内径は、十分な反応時間が得られれば、特に限定されるものではないが、反応部の内径を大きくすることは、耐圧強度を確保するために反応部の肉厚を大きくすることが必要になるため、反応部の許容される高さを考慮して、適宜決定することが好ましい。

【0017】以上のことから、好適には、反応部は入口から出口に向かって下向きに水平線に対して垂直ないし傾斜して配置され、反応部の断面積は、予熱部の反応物流路の断面積及び冷却部の反応生成物流路の断面積の大きい方の200%以上である。反応部は、入口から出口に向かって下向きに水平線に対して垂直ないし傾斜して配置され、好適にはほぼ垂直に配置される。これにより、反応器内で沈降した無機固形物は、入口から出口に向かって下向きで流れる反応物の流れによって押し流され、従って無機固形物が反応器壁に堆積して反応器を閉塞するようなことは生じない。好適には、反応部を、ほぼ垂直に、例えば鉛直線に沿って配置し、又は水平線に対して70°以上の角度で傾斜させて配置することが好ましい。

【0018】本発明の好適な実施態様では、反応部は、筒状の縦型密閉容器として形成され、予熱部は、反応物が流れる内管と、反応物を加熱する熱媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として形成され、冷却部は、

反応生成物と熱交換して熱媒を加熱する熱交換器と、反応生成物を冷媒体で冷却する冷却器とを備え、熱交換器は、反応生成物が流れる内管と、反応生成物により加熱される熱媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として、冷却器は、熱交換器を経た反応生成物が流れる内管と、反応生成物を冷却する冷媒体が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として、それぞれ、形成され、熱交換器で加熱された熱媒が予熱器で反応物を予熱するように、熱交換器の外管と予熱器の外管との間で熱媒配管が接続されている。

【0019】本発明で、予熱器、熱交換器及び冷却器を形成する二重管式熱交換器とは、いわゆる二重管式の熱交換器に加えて、パイプを内管とし、外管として内管にジャケットを設けたジャケット式熱交換器を含む概念であり、その形状は任意であって、例えば直管状、曲管状、螺旋管状、及び蛇管状のいずれでも良く、また、それらの組み合わせでも良い。予熱器、熱交換器及び冷却器の各内管の径は、反応物又は反応生成物が限界流速以上の流速で流れるように設定されている限り、それぞれが、同一の径でも、相互に異なる径でも良い。好適には、熱交換器の内管と、冷却器の内管とを同一径の管状体で形成し、連続して接続する。これにより、反応器の下流では、反応生成物は同じ径の内管を連続して反応生成物の第2の限界流速以上の流速で流れるので、無機固形物が沈降・堆積・付着することなく、反応生成物は、反応器外へ排出される。

【0020】ところで、反応物が、第1の限界流速以上の流速で予熱部に設けられた反応物の流路を流れて、その流速で反応部に流入すると、反応物の流れは、その流れエネルギーにより反応部内で短絡流（チャネリング）を形成し、超臨界水酸化反応に寄与することなく反応部から急速に流出し、反応部の容積が有効に利用されないおそれがある。そこで、本発明の好適な実施形態例では、反応部は、反応部入口の下流域に、反応物の流入方向に対して交差する方向に延在する面を有する邪魔板を備え、邪魔板に反応物を衝突させて反応物の流入エネルギーを消耗させ、短絡流を形成させないようにしている。

【0021】邪魔板の形状、取り付け位置は、反応物の流入エネルギーを消耗させ、短絡流を形成させないようにできる限り、制約は無く、好適には、無機固形物が邪魔板上に堆積しないように、金属の円錐殻、又は円錐体からなる邪魔板、金属の角錐体、又は角錐殻からなる邪魔板、金属の半球殻、又は半球体からなる邪魔板、多孔板からなる平板状の邪魔板を使用する。例えば邪魔板として、金属の円錐殻又は円錐体からなる邪魔板を使用するときには、反応物の流入方向に沿って直径が拡大する円錐面として形成され、円錐面の頂点が反応部入口から下流に反応部の長さの $1/20$ 以上 $1/5$ 以下の範囲の距離にあるように配置され、かつ、円錐面の底面半径が

反応部の半径の $1/3$ 以上 $2/3$ 以下の範囲にある邪魔板を使用する。また、平板状の邪魔板を使用する時には、半径が反応部の半径の $1/3$ 以上 $2/3$ 以下の範囲にある円板状多孔板として邪魔板を形成し、反応部の反応物入口から下流に反応部の長さの $1/20$ 以上 $1/5$ 以下の範囲の距離で配置する。

【0022】

【発明の実施の形態】以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。

実施形態例1

本実施形態例は、本発明に係る超臨界水酸化装置の実施形態の一例であって、図1は、本実施形態例の超臨界水酸化装置の構成を示すフローシートである。図1に示す機器のうち図2に示す機器と同じものには同じ符号を付して説明を省略する。本実施形態例の超臨界水酸化装置40は、無機固形物を含む有機物、例えば下水汚泥等を超臨界水酸化処理する超臨界水酸化装置であって、図1に示すように、超臨界水酸化反応を行う筒型の反応器42と、反応器42の上流には反応物を予熱する予熱器44を、反応器42の下流には、反応生成物を冷却する熱交換器46及び冷却器48を備えている。更に、超臨界水酸化装置40は、従来の超臨界水酸化装置10と同様に、冷却器48の下流に、反応器42内の圧力を制御する圧力制御弁20を、反応生成物を気液分離する気液分離器22を圧力制御弁20の下流に、及び、気液分離されたスラリー状の反応生成物を固液分離して、無機固形物を反応生成物から分離する固液分離器24を備えている。

【0023】予熱器44は、下水汚泥と、酸化剤の空気とからなる反応物が流れる内管と、反応物を加熱する熱媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として構成されている。反応器42は、反応物に対する超臨界水酸化反応の反応時間を確保するために、従来のチューブラー状の長い長尺反応器に代えて、上部に円錐形の鏡板と、下部に逆円錐形の鏡板とを有する筒状の縦型密閉容器として形成され、その全域に超臨界水を滞留させて、超臨界水領域を構成している。熱交換器46は、反応器42から流出した反応生成物が流れる内管と、反応生成物により加熱される熱媒が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として、冷却器48は、熱交換器46を経て降温した反応生成物が流れる内管と、反応生成物を常温にまで冷却する冷媒体が流れる外管とからなる二重管式熱交換器として、それぞれ、構成されている。予熱器44、熱交換器46及び冷却器48は、図1では直管状に図示されているが、その形状は任意であって、例えば直管状、曲管状、螺旋管状、及び蛇管状のいずれでも良く、また、それらの組み合わせでも良い。予熱器44の内管の径は、反応物の流速が第1の限界流速以上になるように、また、熱交換器46及び冷却器48の各内管の

径は、反応生成物の流速が第2の限界流速以上の流速になるように、例えば0.5m/sec以上の流速に設定されている。

【0024】また、本実施形態例では、予熱器44、熱交換器46、及び冷却器48は、反応器42より上部に配置され、予熱器44、熱交換器46及び冷却器48の各内管、予熱器44から反応器42までの接続配管52、反応器42から熱交換器46までの接続配管54、並びに、冷却器48から圧力制御弁20までの反応生成物ライン36は、同じ径のパイプが使用され、熱交換器46と冷却器48の各内管は、連続して接続されている。また、接続配管52、54の曲がり部には、大きな曲率半径の曲がり部となっている。熱交換器46で反応生成物により加熱された熱媒が予熱器44に入って反応物を予熱するように、熱交換器46の外管と予熱器44の外管とは、熱媒配管50により接続されている。予熱器44を出た反応物流体は、接続配管52により反応器42上部から反応器42に導入され、有機物の超臨界水酸化反応が反応器42で進行する。反応により生成した反応生成物は、反応器42下部から流出し、熱交換器46及び冷却器48の内管を流れる。予熱器44から反応器42までの接続配管52は、予熱器44の内管と同一の径になっていて、反応物は第1の限界流速以上の流速で流れる。また、反応器42の下部から熱交換器46までの接続配管54は、熱交換器46の内管と同一の径に

なっていて、反応生成物は第2の限界流速以上の流速で流れる。

【0025】実施形態例1の具体例

上述の実施形態例1の超臨界水酸化装置40の構成に従って流量3m³/dの下水汚泥を超臨界水酸化処理する実験装置を作製し、本発明を評価した。実験装置の具体的な寸法は、以下に示す通りであった。限界流速として0.5m/secを設定し、予熱器44、熱交換器46、冷却器48の内管の流速を1.0m/secとして、予熱器44、熱交換器46及び冷却器48の内管に内径7mmのパイプを使用した。予熱器44、熱交換器46及び冷却器48の内管の総延長は、100mになった。反応器42には、内径150mm、高さ3mのパイプ材を使用し、筒型の縦型密閉容器を作製した。

【0026】次の超臨界水酸化反応条件下で下水汚泥に超臨界水酸化処理を施したところ、下水汚泥は、TN（全窒素）除去率が99%以上になるまで、超臨界水酸化されていた。

超臨界水酸化反応条件

反応温度 : 650℃

反応時間 : 96sec

実施形態例1の具体例及び次の従来例の具体例は、表1に纏めてある。

【表1】

	従来例の具体例	実施形態例1の具体例
予熱器、熱交換器、冷却器	7mm(径)×100m	7mm(径)×100m
反応器	7mm(径)×100m	150mm(径)×3m
反応温度 (℃)	650	650
反応時間 (sec)	7	96
予熱器入口での流速 (m/sec)	1	1
TN(全窒素)除去率(%)	20	>99

【0027】従来例の具体例

実施形態例1の具体例と比較するために、従来例の具体例として、反応時間を除き本実施形態例の具体例と同じ反応条件で反応器12を設計した。反応器12は、予熱器14等と同じ内径7mmのパイプを使用したところ、100mの長さになり、しかも反応時間として7secしか確保することができなかった。その結果、下水汚泥のT

N除去率は、20%という低い値であった。

【0028】実施形態例2

本実施形態例は、本発明に係る超臨界水酸化装置の実施形態の別の例として挙げられた、反応器に邪魔板を備えた超臨界水酸化装置であって、図3は本実施形態例の超臨界水酸化装置の反応器の構成を示す模式的断面図である。本実施形態例の超臨界水酸化装置は、反応器60の

構成を除いて、図1に示す超臨界水酸化装置40と同じ構成を備えている。反応器60は、図3に示すように、縦型円筒状反応容器であって、反応物は上部の流入管52から流入し、反応器60内を下向きに流れて下部の流出管54から流出する。反応器60は、直径の様な容器本体62と、容器本体62の上部にあって流入管52と容器本体62とを接続する円錐状の頭部64と、容器本体62の下部にあって流出管54と容器本体62とを接続する逆円錐状の底部66とから構成されている。

【0029】反応器60内の入口下流域に、金属の円錐体からなる邪魔板68が取り付けられている。邪魔板68は、頂点が反応器入口から距離Sの反応器長手方向中心線C上に位置し、円錐体の長手方向中心線が反応器60の長手方向中心線に一致し、かつ直径が長手方向中心線に沿って拡大するように形成された高さhの円錐体である。邪魔板68の底面は、反応器60の直径を含む面にあって、底面の直径dは、反応器60の内径Dの $1/3$ 以上 $2/3$ 以下である。距離Sは、反応器の高さHの $1/20$ 以上 $1/5$ 以下である。尚、本実施形態例では、邪魔板68として、金属の円錐体からなる邪魔板を用いているが、これに限らず、反応物中の無機固形物が堆積しない形状であれば良く、例えば、金属の円錐殻からなる邪魔板、金属の角錐体、又は角錐殻からなる邪魔板でも、また、多孔板からなる平板状の邪魔板でも良い。

【0030】実施形態例2の具体例

	実施形態例2の 具体例	実施形態例2の 比較例
邪魔板の有無	有り	無し
反応温度 (°C)	600	600
反応時間 (sec)	103	103
反応器入口での流速 (m/sec)	1.4	1.4
TN (全窒素) 除去率 (%)	> 99	80

【0032】表2から判る通り、実施形態例2の具体例では、邪魔板を設けることにより、反応温度が600°Cで99%以上のTN (全窒素) 除去率を得ることができる。一方、実施形態例1の具体例は、表1に示すように、反応温度が650°Cでは99%以上のTN (全窒素) 除去率を得ることができるものの、実施形態例1の具体例と同じ構成の実施形態例2の比較例では、反応温度が600°CではTN (全窒素) 除去率が80%にしか

実施形態例2の反応器60と同じ構成の反応器を作製したことを除いて、実施形態例1の超臨界水酸化装置40の構成に従って作製した前述の実験装置を使って、実施形態例2の超臨界水酸化装置の性能評価実験を行った。反応器60に設けた邪魔板68は、高さhが25mm、底面の直径が50mm、頂点の反応器入口からの距離Sが300mmとした。次の超臨界水酸化反応条件下で、流量 $3\text{ m}^3/\text{d}$ の下水汚泥に超臨界水酸化処理を施したところ、下水汚泥は、TN (全窒素) 除去率が99%以上になるまで、超臨界水酸化されていた。

超臨界水酸化条件

反応温度 : 600°C

反応時間 : 103sec

【0031】実施形態例2との比較のために、実施形態例1の実験装置を使って、即ち邪魔板を備えていないことを除いて実施形態例2と同じ実験装置を使って、同じ超臨界水酸化反応条件下で、同じ流量の下水汚泥に超臨界水酸化処理を施し、実施形態例2の比較例とした。比較例では、下水汚泥のTN (全窒素) 除去率は、80%にしか達しなかった。実施形態例2の具体例による下水汚泥の超臨界水酸化処理、及び、実施形態例2の比較例による下水汚泥の超臨界水酸化処理の結果は、表2に纏めてある。

【表2】

達しない。これは、邪魔板を設けることにより、短絡流が防止されて超臨界水酸化反応の進行が促進され、邪魔板が、反応器全体を超臨界水酸化反応に効率的に寄与させる上で、極めて有効であることを示している。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば、予熱部、反応部及び冷却部を備え、無機固形物を含む有機物と酸化剤とからなる反応物に超臨界水酸化処理を施す超臨界水酸化装置に

において、反応物が予熱部の反応物流路を第1の限界流速以上の流速で流れるように、反応生成物が冷却部の反応生成物流路を第2の限界流速以上の流速で流れるように予熱部及び冷却部を形成し、反応物が所定時間滞留しつつ下向き流れて流れるように反応部を形成し、反応部の断面積を広くすることにより、予熱部及び冷却部で無機固形物が沈降・堆積して流路を閉塞させるようなことなく、かつ十分な反応時間を確保しつつ、反応部を実用的な寸法で構成することができる。また、反応物入口の下流域に、反応物の流入方向に対して交差する方向に延在する面を有する邪魔板を備えることにより、反応部内で短絡流（チャネリング）を防止し、超臨界水酸化反応の進行を促進することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例の超臨界水酸化装置の構成を示すフローシートである。

【図2】従来の超臨界水酸化装置の構成を示すフローシートである。

【図3】実施形態例2の反応器の構成を示す断面図である。

【符号の説明】

10 従来の超臨界水酸化装置

12 チューブラー状の長い耐圧密閉型反応器

14 予熱器

16 熱交換器

18 冷却器

20 圧力制御弁

22 気液分離器

24 固液分離器

26 熱媒配管

28 反応物ライン

30 空気ライン

32 下水汚泥ポンプ

34 空気圧縮機

36 反応生成物ライン

40 実施形態例の超臨界水酸化装置

42 筒型の反応器

44 予熱器

46 熱交換器

48 冷却器

50 熱媒配管

52、54 接続配管

60 実施形態例2の超臨界水酸化装置の反応器

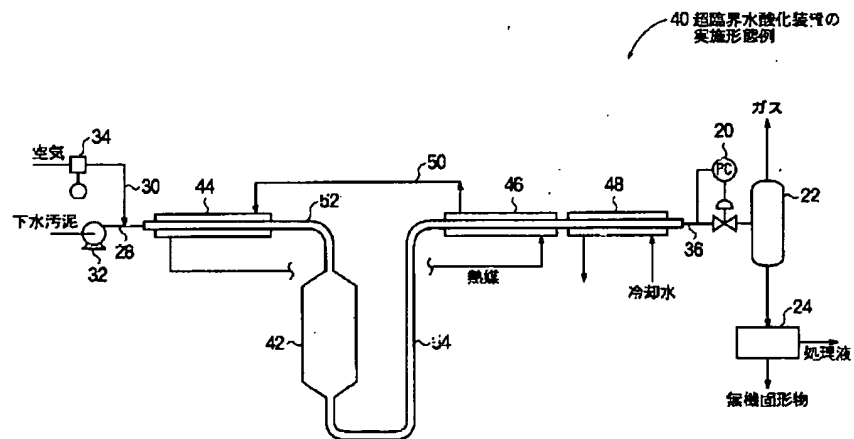
62 容器本体

64 頭部

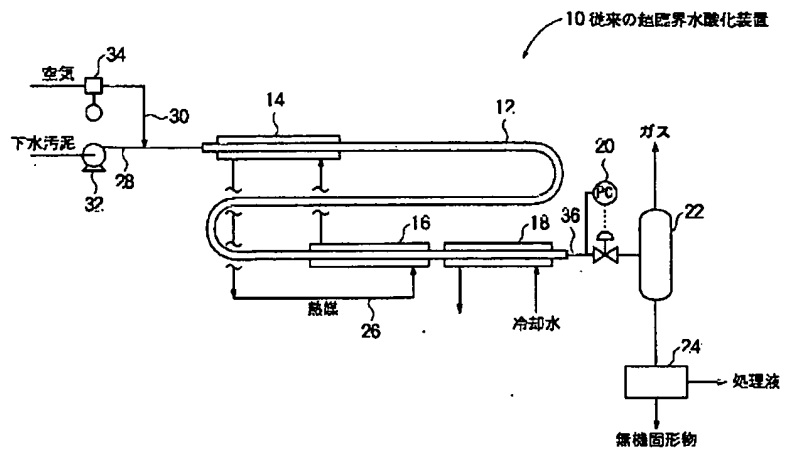
66 底部

68 邪魔板

【図1】



【図2】



【図3】

